

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-310063

(43)公開日 平成6年(1994)11月4日

|                          |      |           |     |        |
|--------------------------|------|-----------|-----|--------|
| (51)Int.Cl. <sup>5</sup> | 識別記号 | 庁内整理番号    | F I | 技術表示箇所 |
| H 0 1 J 37/05            |      |           |     |        |
| G 0 1 T 1/36             |      | D 7204-2G |     |        |
| H 0 1 J 37/26            |      |           |     |        |
| 49/44                    |      | 4230-5E   |     |        |

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 4 頁)

(21)出願番号 特願平5-94099

(22)出願日 平成5年(1993)4月21日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 橋本 隆仁

茨城県勝田市大字市毛882番地 株式会社

日立製作所計測器事業部内

(72)発明者 田谷 俊陸

茨城県勝田市大字市毛882番地 株式会社

日立製作所計測器事業部内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

(54)【発明の名称】 並行検出形エネルギー損失分析器

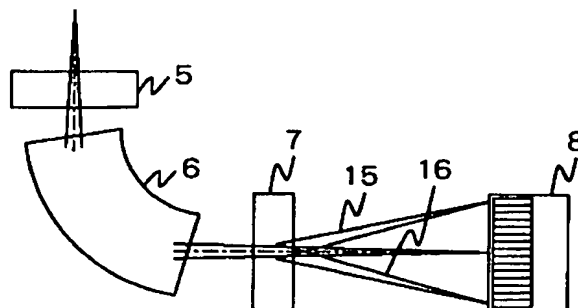
(57)【要約】

【目的】単純な構造の並行検出型エネルギー損失分析器を提供すること。

【構成】セクター・タイプのプリズムの入口と出口に、それぞれ一つの四極子レンズを備え、フォト・ダイオード・アレーやCCDリニア・センサーなど、エネルギー損失スペクトルを並行して検出する手段を具備した並行検出形エネルギー損失分析器。

【効果】従来の並行検出形エネルギー損失分析器より単純な構造で、同時にスペクトルの測定が可能である。レンズ条件を選択することによって、感度を落して同じ分散でも測定することができる。

図 2



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】セクター・タイプのプリズムの入口と出口にそれぞれ一つの四極子レンズを備え、フォト・ダイオード・アレーやCCDリニア・センサーなどエネルギー損失スペクトルを並行して検出する手段を具備したことを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項2】請求項1において、出口の四極子レンズは検出器列の方向にスペクトルを発散させて分散を調整できる機能を有し、入口の四極子レンズは検出器の1チャンネルの幅の方向（チャンネルの並びに垂直方向）にスペクトルを収束させる機能を有することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項3】請求項2において、四極子レンズをさらに強く励起してゆくと、検出器の1チャンネルの幅の方向に広くスペクトルを発散させるレンズ条件が存在し、そのようなレンズ条件を利用することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項4】請求項2のレンズ条件と同じエネルギー分散の、請求項3のレンズ条件を対にして記憶させ、通常の場合は前者を用いるが、スペクトル強度が強すぎる場合は後者の条件に切り替えられる機能を有することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項5】請求項3において、スペクトルの測定を行う際、オペレーターが設定した積算時間によらずに、検出器固有の最短の積算時間でスペクトルを測定することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項6】請求項3のレンズ条件と請求項4の積算時間を併用することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

【請求項7】請求項1において、検出器上のビーム電流を検出して、電流が敷居値を超えると請求項3の機能が自動的に作動することを特徴とする並行検出形エネルギー損失分析器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透過形電子顕微鏡、走査透過形電子顕微鏡、電子線回折装置など、電子線源を備え、そこから放出された電子を試料に照射し、試料を透過したり、弾性散乱や、非弾性散乱された電子を利用して結像、分析などを行うための装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】逐次検出型エネルギー損失分析器は磁界セクター・タイプのプリズムによって、電子線を、そのエネルギー損失によって分散させる。プリズムの出口にはスリットが設けられていて、特定のエネルギー損失をした電子のみが通過できるようになっている。プリズムの発生させている磁場を順次変化させエネルギー損失スペクトルを1チャンネルずつ区切りながら測定していた。スペクトル全体が1024チャンネルである場合は、1チャンネル測定している間に他の1023チャンネル分

の信号を捨てていることになり非常に効率が悪かった。

【0003】この欠点を克服するためにアメリカ合衆国特許第4,743,756号に示されているような並行検出形エネルギー損失分析器が開発された。この分析機はセクター・タイプのプリズムで電子線をエネルギー損失によって分散させる。プリズムの出口には複数の四極子レンズを備え、そのうちの少なくとも2つはスペクトルのエネルギー幅を調整し、かつ他の1つのレンズで検出器1チャンネルの幅に電子が収束して検出効率を低下させないように機能している。そのようにして並行検出器上にエネルギー損失スペクトルを結像して同時に測定するものである。

【0004】エネルギー損失スペクトルは、ゼロ・ロス・ピーク（エネルギー損失＝0 eV）、低エネルギー領域（エネルギー損失＜50 eV）、高エネルギー領域（エネルギー損失≥50 eV）に大別される。ゼロ・ロス・ピークはエネルギーを失うことなく試料を透過した電子によるピークである。低エネルギー領域には価電子帯の束縛電子の遷移や電離による構造や伝導電子の集団励起によるプラズモン・ピークが現われる。高エネルギー領域には内殻電子の電離によるピークやエッジなどの構造が現われる。通常最も強度が強いのはゼロ・ロス・ピークで、次に強度の強いプラズモンの約10倍で、内殻励起スペクトルの10<sup>7</sup>倍にも及ぶことがある。エネルギー損失スペクトルの強度分布は検出器のダイナミックレンジを超えてしまっている。内殻励起スペクトルの測定には問題ないが、ゼロ・ロス・ピークやプラズモンを測定する場合、検出器が飽和してしまい、正しい形状のスペクトルが測定できない場合があった。

【0005】この問題の対策には、アメリカ合衆国特許第4,831,255号公報に示されている装置（アテニューエーター）が取り付けられている。この装置は最終の四極子レンズと並行検出器の間に取り付けられ、交流磁場または電場によってスペクトルを検出器列に垂直方向に大きく偏向させ、実質的に検出器に照射している時間が1 msec.程度になるようにすることで、強度の強いスペクトル飽和することなく測定しようというものである。本装置はまた、強いビームによって検出器の焼損を防ぐ働きもある。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】本発明の目的は、より単純な構造の並行検出型エネルギー損失分析機器を提供することにある。

## 【0007】

【課題を解決するための手段】本発明は、透過形電子顕微鏡、走査透過形電子顕微鏡、電子線回折装置など、電子線源を備え、そこから放出された電子を試料に照射し、試料を透過したり、弾性散乱や、非弾性散乱された電子を利用して結像、分析などを行うための装置に、それらの電子の通過する場所に置かれた磁場形のセクター

・タイプのプリズムの入口と出口にそれぞれ一つの四極子レンズを備えつける。スペクトルの検出は、フォト・ダイオード・アレーやCCDリニア・センサーなどエネルギー損失スペクトルを並行して検出する手段を用いて行う。

#### 【0008】

【作用】電子線源を備え、そこから放出された電子を試料に照射し、試料を透過したり、弾性散乱や、非弾性散乱された電子の通路に置かれた磁場形のセクター・タイプのプリズムは電子線を、そのエネルギー損失によって分散させる。

【0009】プリズムの入口と出口にそれぞれ一つの四極子レンズが取付けられていて、出口の四極子レンズは検出器列の方向にスペクトルを発散させて分散を調整できる機能を有し、入口の四極子レンズは検出器の1チャンネルの幅の方向（チャンネルの並びに垂直方向）にスペクトルを収束させる機能を有する。

【0010】ゼロ・ロス・ピークやプラズモンなどが飽和するような場合、検出器のダイナミックレンジの不足を補うため、四極子レンズを強く励起した条件で、エネルギー分散は同じでも、分散と垂直な方向は検出器の1チャンネルの幅のよりも広い範囲にスペクトルを発散させる。

【0011】スペクトルの測定を行う際、オペレーターが設定した積算時間によらずに、検出器固有の最短の積算時間でスペクトルを測定することによっても検出器の飽和を避けうる。必要ならばこの方法を併用してもよい。

【0012】検出器上のビーム電流を検出して、電流が敷居値を超えると自動的に四極子レンズを強く励起し、検出器の1チャンネルの幅のよりも広い範囲にスペクトルを発散させる。これにより検出器を保護することが可能となる。

#### 【0013】

【実施例】図1は本発明の一実施例の構成を示す。電子源1から放出された電子は照射系2によって制御されて試料3上に照射される。試料3を透過した電子は場合によっては結像系4によって拡大結像される。エネルギー損失分析器主要部は図2にも示されている。磁場形セクター・タイプのプリズム6は紙面に垂直な方向に磁場を発生させる。磁場によって、大きくエネルギーを損失した電子15は小さい曲率半径で、小さくエネルギーを損失した電子16は大きい曲率半径で軌道が曲げられるので、試料を透過した電子はエネルギー分散される。四極子レンズ7はスペクトルの分散を任意に調整して並行検出器8に投影する。四極子レンズ5は並行検出器8上でフォーカス合わせをする。図3はエネルギー分散に垂直な方向のレイ・ダイアグラムを示す。

【0014】並行検出器8はフォト・ダイオード・アレーなど検出素子が一列に配列した構造になっていて、ス

ペクトル全体を同時に測定することが可能である。

【0015】磁場形セクター・タイプのプリズム6、四極子レンズ5、四極子レンズ7はそれぞれプリズム制御装置13、プリズム入口四極子レンズ制御装置12、プリズム出口四極子レンズ制御装置14によってコンピューター11によって統合されて最適な条件に制御されている。

【0016】図4は四極子レンズの励起と速度分散の関係の一例を示す。エネルギー分散は、レンズ常数が-350で極大になるまで増大し、それより強い条件では減少する。従って例えば-310と-400では同一の速度分散の値を取る。

【0017】図5は四極子レンズの励起とエネルギー分散に垂直な方向の収差係数との関係の一例を示す。レンズ常数が-350までは収差が少ないが、それを超えると急増しているのがわかる。-310では収差が小さいので、スペクトルは検出器8の幅に収まる。ところが-400では収差がかなり大きく、スペクトルは検出器8の幅以上に発散してしまう。従ってこの分散でスペクトルの測定を行う場合、通常はレンズ常数を-310にして測定する。ところが、スペクトルの強度がつよすぎて検出器が飽和してしまうような場合は、レンズ常数を-400に切り換え、信号の多くが検出器に入射しないようにして測定することもできる。

【0018】図1の実施例においては、並行検出器8上のビーム電流を増幅器9を通して、微小電流計10によって検出することによって、レンズ条件切り替えの制御信号に利用している。レンズ条件の切り替えは、手動で選択できるようにしておいてもよい。

#### 【0019】

【発明の効果】本発明は、合衆国特許第4,743,756号公報により記載されているものより、単純な構造で、エネルギー損失スペクトルの同時測定が可能であり、また、合衆国特許第4,831,255号公報に記載されているような装置を取付けなくても、四極子レンズ条件だけで、同様に機能を有する効果がある。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明実施例の構成図である。

【図2】エネルギー損失分析器の主要部を示す図である。

【図3】水平方向レイダイアグラム通常時を示す図である。

【図4】四極子レンズの励起と速度分散の関係の一例を示す図である。

【図5】四極子レンズの励起と分散に垂直な方向の収差係数との関係の一例を示す図である。

#### 【符号の説明】

1…電子源、2…照射系、3…試料、4…結像系、5…四極子レンズ、6…磁場形セクター・タイプのプリズム、7…四極子レンズ、8…並行検出器、9…増幅器、

5

6

10…微小電流計、11…コンピューター、12…プリズム入口四極子レンズ制御装置、13…プリズム制御装置、14…プリズム出口四極子レンズ制御装置、15…\*

\*エネルギー損失の大きい電子ビーム、16…エネルギー損失の小さい電子ビーム。

【図1】

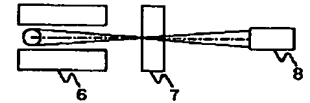
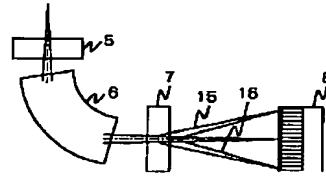
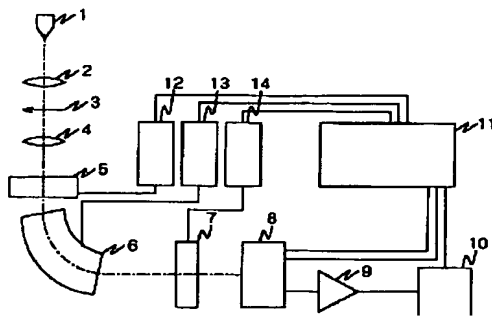
【図2】

【図3】

図 1

図 2

図 3

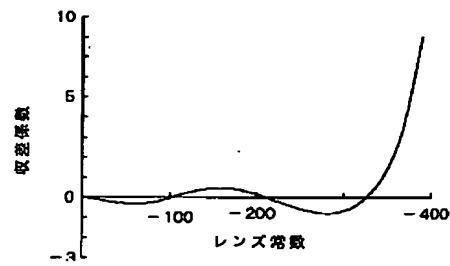
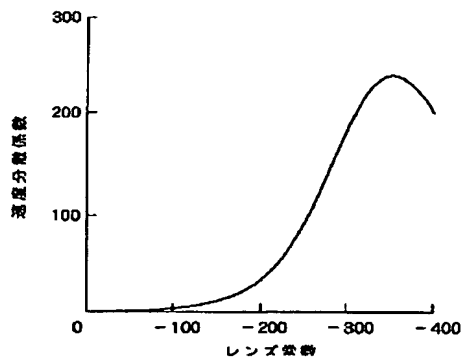


【図4】

【図5】

図 4

図 5



(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06310063 A**

(43) Date of publication of application: **04 . 11 . 94**

(51) Int. Cl.

**H01J 37/05**  
**G01T 1/36**  
**H01J 37/26**  
**H01J 49/44**

(21) Application number: **05094099**

(22) Date of filing: **21 . 04 . 93**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor: **HASHIMOTO TAKAHITO**  
**TAYA TOSHIMICHI**

(54) **PARALLEL DETECTION TYPE ENERGY LOSS ANALYZER**

COPYRIGHT: (C)1994,JPO

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To measure an energy loss spectrum simultaneously with simple constitution by arranging a quadrupole lens at an inlet and an outlet of a magnetic field sector type prism, and dispersing and converging the energy loss spectrum.

**CONSTITUTION:** An electron emitted from an electron source passes through a sample, and is made incident on a magnetic field sector type prism 6 through a quadrupole lens 5. The prism 6 has a magnetic field in the vertical direction to space, and as for an electron 15 whose energy loss is large, an orbit is bent in a small radius of curvature, and as for an electron 16 whose energy loss is small, an orbit is bent in a large radius of curvature, and the electron is dispersed by the energy loss. A quadrupole lens 7 regulates dispersion of a spectrum optionally, and projects it on a parallel detector 8. The lens 5 adjusts the focus on the detector 8. In this way, since the quadrupole lens is arranged at an inlet and an outlet of the sector type prism, an energy loss spectrum can be measured simultaneously with simple constitution.

